

I TRASDUTTORI

Lezione 4
Lezione 5
Lezione 6

Trasduttori di temperatura – luminosità - posizione

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

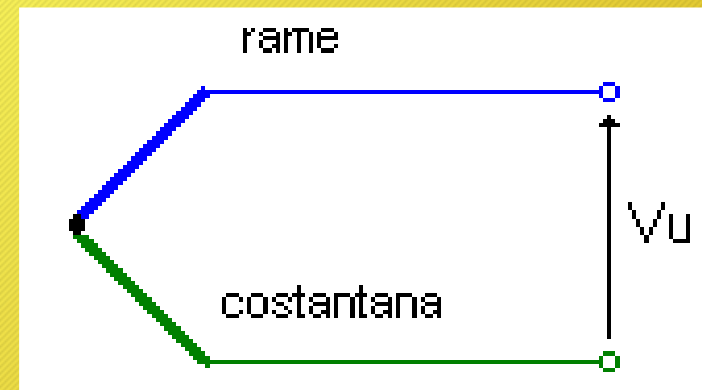
2

Termocoppia

Questo sensore basa il suo funzionamento sull'effetto Seebeck: se due conduttori diversi sono uniti alle estremità e le due giunzioni si trovano a temperatura diversa, si genera una corrente proporzionale alla differenza di temperatura.

Le due giunzioni vengono definite *giunzione calda* e *giunzione fredda*. Comunemente la giunzione calda, in figura, viene inserita nel punto in cui si vuole rilevare la temperatura.

I terminali, invece, vengono posti a temperatura ambiente: la differenza di potenziale tra essi è proporzionale alla differenza tra la temperatura da rilevare e quella ambiente.



TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

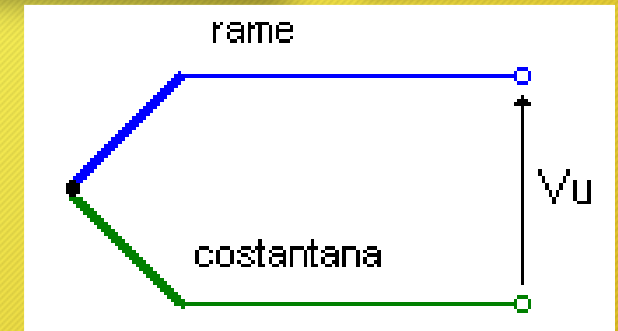
Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

3

Termocoppia

Chiamando α il coefficiente di Seebeck, espresso in $\mu V/^{\circ}C$, avremo che la differenza di potenziale V sarà data dalla formula:

$$V = \alpha (T_c - T_r)$$



Dove

T_c è la temperatura della zona da misurare dove viene posta la giunzione calda,

T_r è la temperatura di riferimento delle estremità della termocoppia.

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

4

Termocoppia

Esistono sul mercato diversi tipi di termocoppie.

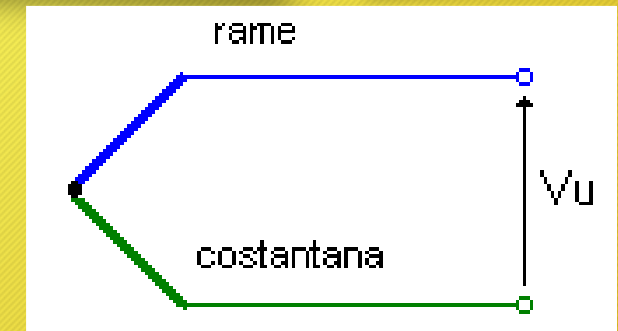
Ad esempio, le termocoppie di tipo **T** (rame-costantana),

di tipo **J** (ferro-costantana),

di tipo **N** (nichel-silicio) e di tipo **K** (cromo-alluminio).

Le differenze principali tra un tipo di termocoppia e l'altro sono l'intervallo di temperatura in cui operano linearmente ed il coefficiente di Seebeck.

Per esempio la termocoppia di tipo K lavora linearmente da -200°C a +1200°C con $\alpha = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ circa.



TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

5

Termoresistenza

Le termoresistenze sono sensori costituiti da un filamento di un unico metallo (tipicamente il Platino o il Nichel), la cui resistenza elettrica (ohm) è, a parità di altre circostanze, unicamente funzione della temperatura a cui si trova il filamento stesso:

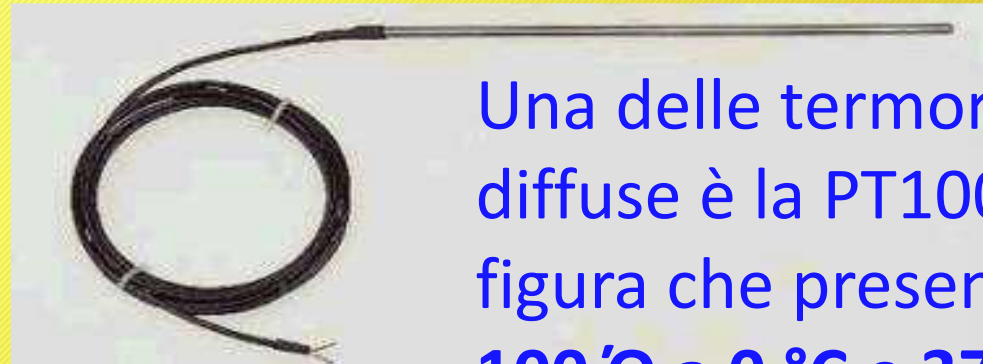
$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

dove:

R_0 è la resistenza a 0°C

α il coefficiente di temperatura, espresso in 1/°C (°C⁻¹)

T è la temperatura in °C.



Una delle termoresistenze più diffuse è la PT100 al platino in figura che presenta **100 'Ω a 0 °C e 375 'Ω a 800 °C.**

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

6

Termoresistenza

Il rilevamento del valore è realizzato con il classico ponte di Wheatstone.

I campi di lavoro (range) delle termoresistenze vanno

da -200°C a 900°C , hanno una buona linearità, sono precisi e stabili.

I metalli che si utilizzano sono rame, nichel e platino. Le termoresistenze, quando realizzate col platino ($\alpha=0,0039/^{\circ}\text{C}$), hanno il pregio di non corrodersi, quindi si prestano bene all'utilizzo in ambienti gravosi.

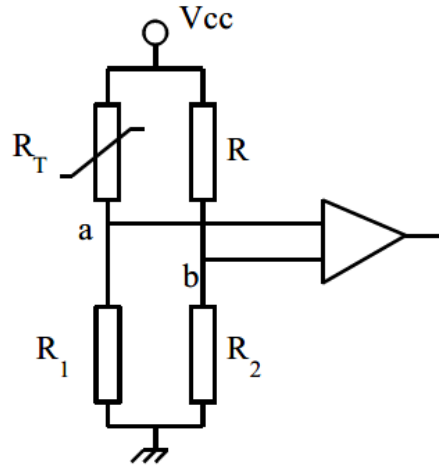
Il difetto principale è che “ α ” è piccolo per cui sono necessari circuiti amplificatori con forte amplificazione. Inoltre per trasformare la variazione di resistenza in una variazione di tensione occorre farli attraversare da corrente e ciò comporta una variazione di resistenza per effetto joule che introduce un errore nella misura.



Ponte di Wheatstone

7

Circuito di condizionamento per trasduttori resistivi ponte di Wheatstone



Il primo problema che si incontra nel progetto di tale circuito di condizionamento è quello del dimensionamento delle resistenze del ponte, supposto che siano noti i valori relativi al trasduttore.

La resistenza R_1 , in serie al trasduttore può essere dimensionata in base a diversi criteri: uno di questi è quello di evitare l'autoriscaldamento del trasduttore stesso, per cui dovrà essere di valore sufficientemente elevato. Le resistenze R ed R_2 dovranno essere dimensionate in modo da rendere il ponte in equilibrio quando la tensione in uscita deve essere nulla

(eliminazione dell'offset). Possono essere poste uguali alle resistenze sull'altro

lato del ponte, cioè $R = R_T$ e $R_1 = R_2$.

Valgono le relazioni:

$$V_a = V_{cc} * R_1 / (R_1 + R_T)$$

$$V_b = V_{cc} * R_2 / (R + R_2)$$

Ponte di Wheatstone

se $R_T = R$ allora $V_A = V_B$, il ponte è in equilibrio e la tensione in uscita è nulla

se $R_T = R + \Delta R$ allora $V_A = V_{cc} * R_1 / (R + \Delta R + R_1)$

$$V_{ba} = V_b - V_a = V_{cc} * [R_1 / (R_1 + R_2) - R_1 / (R + \Delta R + R_1)] = V_{cc} * \Delta R / (R_1 + 2R + \Delta R + R/R_1 * (R + \Delta R))$$

$V_{ba} = V_{cc} * \left(\frac{R_1}{R_1 + R} - \frac{R_1}{R_1 + R + \Delta R} \right)$ elaborando tale espressione si ottiene:

$$V_{ba} = \frac{V_{cc} * \Delta R}{R_1 + 2R + \Delta R + \frac{R}{R_1} (R + \Delta R)}$$

La tensione di uscita non è una funzione lineare della ΔR del trasduttore, ma per piccole variazioni la non linearità è trascurabile.

Ponte di Wheatstone

9

Esercizio: utilizzare un trasduttore PT100 (RTD) per realizzare un circuito che mi fornisca una tensione variabile da 0 a 10 V in corrispondenza di una variazione di temperatura da 0 a 150°C.

Dalle caratteristiche del PT100 si ricava: $t=0^{\circ}\text{C} \rightarrow R = 100 \, \Omega$; $t= 150 \, ^{\circ}\text{C} \rightarrow R=157,31 \, \Omega$.

Il circuito impiegato è quello precedente.

Si possono fissare i valori delle resistenze $R1$ in modo che nel trasduttore circoli un basso valore di corrente, ad es 3 mA, per evitarne l'autoriscaldamento. Se il ponte è alimentato a $V_{cc} = 12 \, \text{V}$

$R1 = V_{cc}/I = 12/3\text{mA} = 4 \, \text{k}\Omega$. Si può usare il valore commerciale 3,9 kΩ.

Quindi $R = 100 \, \Omega$ e $R1 = 3,9 \, \text{k}\Omega$. Con queste condizioni abbiamo che per $t = 0^{\circ}\text{C}$ $V_o = 0 \, \text{V}$.

Per calcolare V_{ba} alla temperatura di 150°C senza la necessità di applicare la formula precedente, calcolo separatamente i valori di V_A e V_B :

$$V_a = V_{cc} * \left(\frac{R1}{R1 + R_t} \right) = \frac{12 * 3,9}{3,9 + 0,157} = 11,536 \, \text{V}$$

$$V_b = V_{cc} * \left(\frac{R1}{R + R1} \right) = \frac{12 * 3,9}{0,1 + 3,9} = 11,7 \, \text{V}$$

la tensione in uscita del ponte vale quindi $V_{ba} = V_b - V_a = 11,7 - 11,536 = 0,165 \, \text{V}$

per avere $V_o = 10 \, \text{V}$ è necessario che l'amplificatore differenziale guadagni $A_v = \frac{V_o}{V_{ab}} = \frac{10}{0,165} = 61$

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

10

Termistore

Come nella termoresistenza, nel termistore si sfrutta la variazione di resistenza nel dispositivo in conseguenza alla variazione di temperatura. I termistori si suddividono in NTC (*negative temperature coefficient*) ed in PTC (*positive temperature coefficient*).

I primi diminuiscono la loro resistenza all'aumentare della temperatura, mentre i secondi l'aumentano.

Rispetto alle termoresistenze i termistori hanno una sensibilità maggiore; tuttavia essi sono meno lineari ed hanno un limitato intervallo di temperatura d'impiego (fino a circa 150°C).



Il PTC è più sensibile ma meno lineare e inoltre ha un range che varia fra -50 e 150 °C.

TRASDUTTORI DI TEMPERATURA

Sono dispositivi che convertono una temperatura in una grandezza elettrica.

11

Termistore

I *termistori NTC* sono realizzati con miscele di semiconduttori composti (ossidi di Nichel e Manganese) e non con silicio o germanio. La resistenza di questi ultimi materiali è infatti troppo sensibile alla presenza di impurità nel cristallo.

La caratteristica di un termistore NTC è del tipo:

Dove:

T è la temperatura ASSOLUTA

To è una temperatura assoluta di riferimento (298 °K)

B è una costante.

La caratteristica dei resistori è pesantemente non lineare: si prestano perciò a lavorare bene solo dove la linearità non è importante (controlli di temperatura) o dove i range di lavoro sono ristretti (termometria clinica).

$$R = R_0 e^{B(1/T - 1/T_0)}$$

Il PTC è più sensibile ma meno lineare e inoltre ha un range che varia fra -50 e 150 °C.

TRASDUTTORI DI LUMINOSITA'

Dispositivi che convertono una «*quantità di luce*» in una grandezza elettrica.

12

Sono dispositivi che permettono la **conversione di un segnale luminoso in un segnale elettrico**. Per definire la sensibilità di questi dispositivi si utilizza come unità di misura il lux (lx), corrispondente al flusso di un lumen per ogni metro quadrato di superficie.

Lumen (lm): Il lumen è un'unità di misura per il flusso luminoso, ovvero la quantità totale di luce emessa da una sorgente luminosa in tutte le direzioni.

Lux (lx): Il lux è un'unità di misura dell'illuminamento, ovvero la quantità di luce che cade su una superficie specifica. Rappresenta l'intensità della luce che raggiunge una superficie in relazione alla sua area. In altre parole, il lux misura la "quantità" di luce che arriva a una determinata area.

In sintesi, il lumen è una misura del flusso luminoso totale, mentre il lux è una misura dell'illuminamento su una superficie specifica.

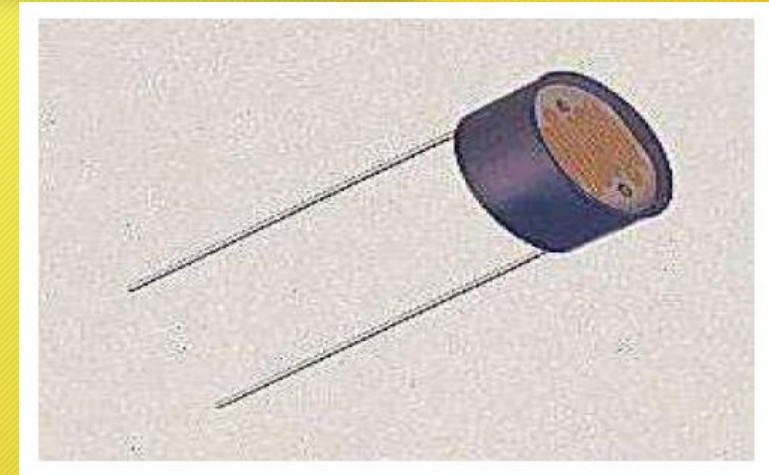
TRASDUTTORI DI LUMINOSITA'

Dispositivi che convertono una «quantità di luce» in una grandezza elettrica.

13

Fotoresistenza

La fotoresistenza è costituita da materiali fotoconduttivi, come il solfuro di cadmio ed il solfuro di piombo, caratterizzati dalla proprietà di diminuire la loro resistenza al crescere della radiazione luminosa incidente.



La resistenza del sensore può passare da un valore di circa 1 M Ω , in condizioni di totale oscurità, ad un valore dell'ordine di 100 M Ω , quando sottoposto a forti flussi luminosi.

Questi trasduttori presentano lo svantaggio di avere tempi di salita superiori ai 50-100 ms, per cui non sono adatti a misurare rapide variazioni di luce.

TRASDUTTORI DI POSIZIONE LINEARE

Trasformano una posizione lineare in un segnale elettrico.

14

Potenziometro

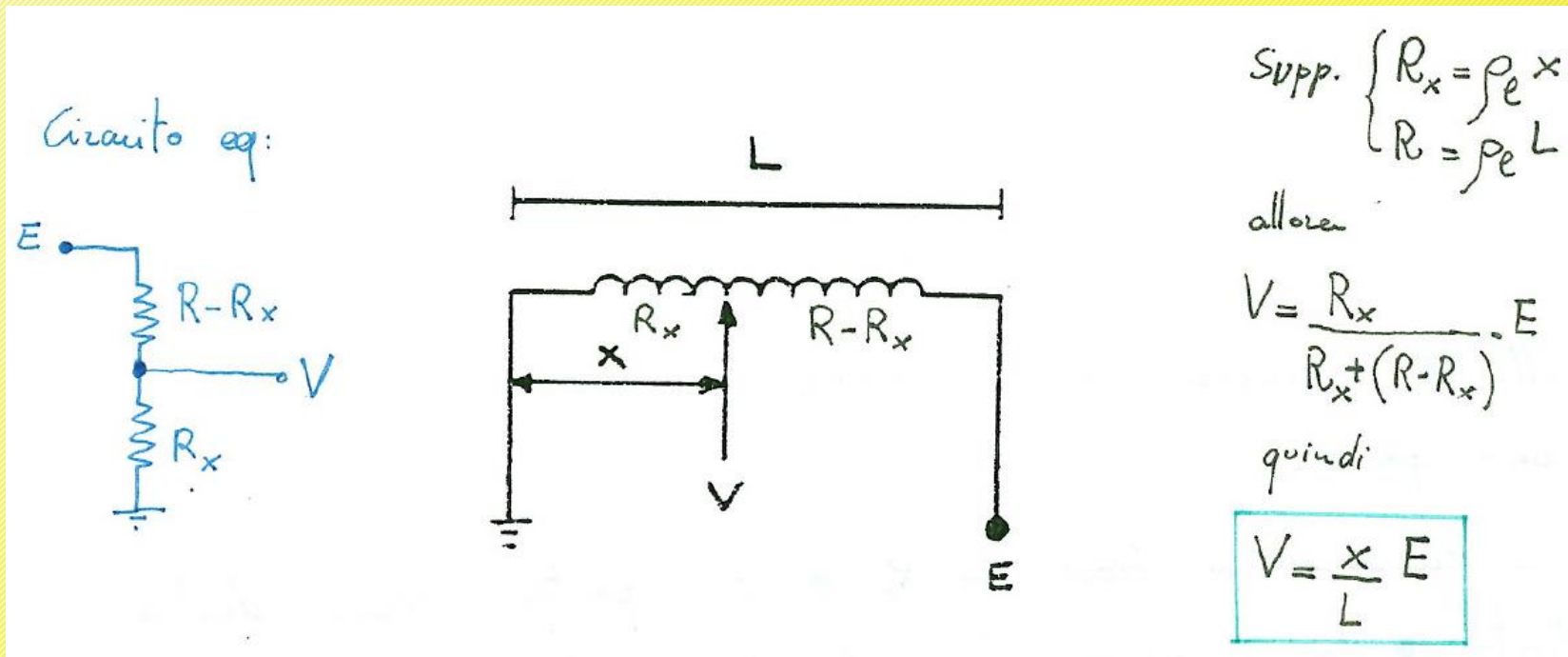
E' un dispositivo costituito da un elemento resistivo provvisto di due terminali agli estremi, e da un cursore al quale è collegato un terzo terminale. Applicando una tensione **E** agli estremi dell'elemento resistivo si può prelevare sul cursore una tensione **V** proporzionale allo spostamento del cursore stesso, secondo il principio del partitore di tensione.

TRASDUTTORI DI POSIZIONE LINEARE

Trasformano una posizione lineare in un segnale elettrico.

15

Potenziometro a filo avvolto



La sensibilità di questo trasduttore è pari a **E/L** .



x è la distanza tra il contatto mobile e l'estremo sinistro del potenziometro ed L la lunghezza del circuito resistivo.

TRASDUTTORI DI POSIZIONE LINEARE

Trasformano una posizione lineare in un segnale elettrico.

16

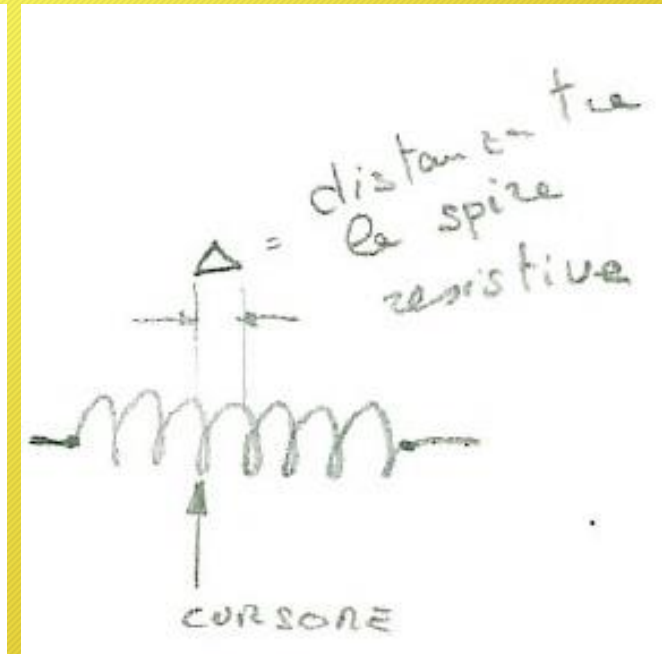
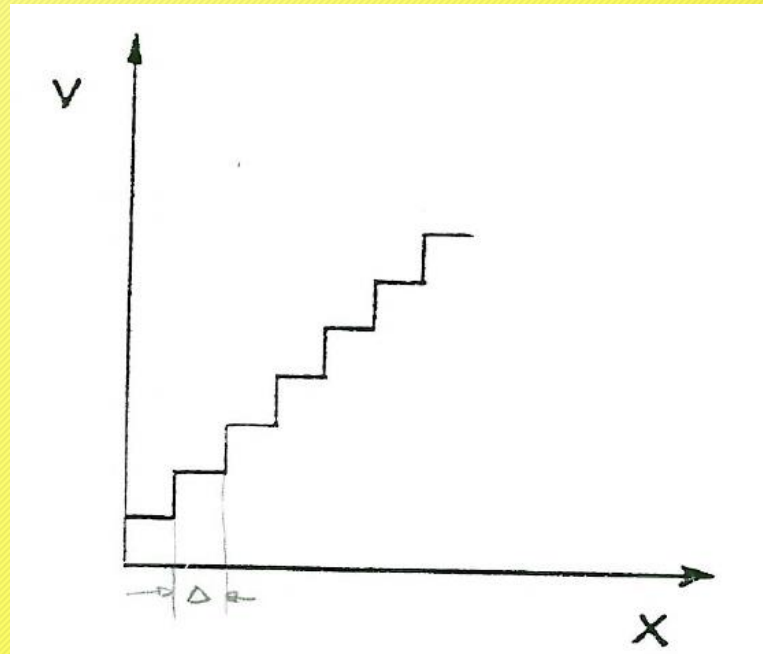
Potenziometro a filo avvolto

VANTAGGI:

1. La caratteristica è lineare;
2. E' possibile ottenere una tensione in uscita di ampiezza voluta.

SDVANTAGGIO:

1. La risoluzione è limitata dalla dimensione fisica Δx della «spira».



TRASDUTTORI DI POSIZIONE ANGOLARE

Trasformano una posizione angolare in un segnale elettrico.

17

ENCODER BINARIO E A CODICE GRAY (a cura del Gruppo 1)

TRASDUTTORI DI POSIZIONE ANGOLARE

Trasformano una posizione angolare in un segnale elettrico.

18

ENCODER INCREMENTALE (a cura del Gruppo 2)

TRASDUTTORI DI VELOCITA' ANGOLARE

Trasformano una posizione angolare in un segnale elettrico.

19

DINAMO TACHIMETRICA (a cura del Gruppo 3)

Bibliografia

- *Appunti vari*